

DaimlerChrysler AG

Radialkolbenpumpe zur Kraftstoffhochdruckerzeugung bei
Kraftstoffeinspritzsystemen von Brennkraftmaschinen

Die Erfindung geht aus von einer Radialkolbenpumpe zur Kraftstoffhochdruckerzeugung bei Kraftstoffeinspritzsystemen von Brennkraftmaschinen, insbesondere bei einem Common-Rail-Einspritzsystem, mit einer in einem Pumpengehäuse gelagerten Antriebswelle mit einem exzentrischen Wellenabschnitt, auf welchem eine Laufrolle gelagert ist, und mit vorzugsweise mehreren bezüglich der Antriebswelle radial in einem jeweiligen Zylinder angeordneten Kolben, an deren der Laufrolle zugewandten Enden jeweils eine Kolbenfußplatte angeordnet ist, welche die Umfangsfläche der Laufrolle kontaktiert, gemäß der Gattung von Anspruch 1.

Eine solche Radialkolbenpumpe ist beispielsweise aus der DE 198 09 315 A1 bekannt. Die Kolbenfußplatte und die Laufrolle der bekannten Radialkolbenpumpe bestehen in der Regel aus Einsatzstahl oder auch aus Vergütungsstahl. Mit der Zeit kann es jedoch an diesen Bauteilen zu Gleitverschleiß aufgrund von Adhäsion, Abrasion oder Oberflächenzerrüttung kommen. Dieser unerwünschte Verschleiß kann zu einem Ausfall der Radialkolbenpumpe und damit auch zu einem Ausfall der Brennkraftmaschine führen.

Der vorliegenden Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, eine Radialkolbenpumpe der eingangs erwähnten Art derart weiter zu entwickeln, dass ihre Zuverlässigkeit erhöht wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

Indem erstmalig zumindest die die Umfangsfläche der Laufrolle kontaktierende Fläche der Kolbenfußplatte aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem keramischen Werkstoff, aus einem gegossen karbidischen Werkstoff oder aus Cermet besteht, und/oder zumindest ein Teil der Laufrolle, insbesondere wenigstens ein Teil der Umfangsfläche der Laufrolle aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem Feingussmaterial, aus einem gegossen karbidischen Werkstoff, aus einem gesinterten Werkzeugstahl oder aus einem legierten Nitrierstahl besteht und/oder der Kolben aus einem keramischen Werkstoff besteht, wird die Verschleißneigung der Kolbenfußplatten-Laufrollen-Gleitpaarung sowie der Kolben-Zylinder-Paarung entscheidend reduziert. Die genannten Werkstoffe weisen gegenüber den bisher verwendeten Stahlwerkstoffen einen signifikant höheren E-Modul auf, was in geringeren Verformungen bei Belastung und folglich auch in einer gleichmäßigeren Flächenpressung ohne nennenswerte Spannungsspitzen resultiert. Beim Einsatz von keramischen Werkstoffen spielt vor allem deren geringeres Gewicht eine Rolle, was in einer geringen Massenträgheit der Laufrolle, des Kolbens und der Kolbenfußplatte resultiert.

Dabei kann die Laufrolle und/oder die Kolbenfußplatte vollständig aus dem verschleißfesten Material hergestellt sein oder diese Teile bestehen wie bisher aus Einsatzstahl oder Vergütungsstahl und tragen wenigstens einen Einsatz aus dem verschleißfesten Material. Die Verwendung von Einsätzen bringt den Vorteil eines modularen Aufbaus, d.h. dass eine standardisierte Laufrolle und eine standardisierte Kolbenfußplatte jeweils mit Einsätzen aus verschiedenem Material versehen werden können und somit eine Vielzahl von Paarungsvarianten erzeugbar ist.

Aufgrund der Werkstoffeigenschaften der verwendeten verschleißfesten Materialien sind die folgenden Gleitpaarungen besonders zu bevorzugen:

Die Laufrolle besteht aus einem Vergütungsstahl und weist Einsätze aus Hartmetall wie G20, GC37 oder GC20 auf und die Kolbenfußscheibe besteht aus Keramik wie Si_3N_4 -Keramik, aus Schalenhartguss wie SoGSH oder aus Cermet oder sie weist Einsätze aus den genannten Materialien auf.

Die Laufrolle besteht aus einem Feinguss wie GX-210WCr13 H und die Kolbenfußscheibe aus Keramik wie Si_3N_4 -Keramik, aus Hartmetall wie G20 oder aus Cermet oder sie weist Einsätze aus den genannten Materialien auf.

Die Laufrolle besteht aus einem gegossen karbidischen Werkstoff wie Schalenhartguss SoGGH und die Kolbenfußscheibe aus Keramik wie Si_3N_4 -Keramik, aus Hartmetall wie G20 oder aus Cermet oder sie weist Einsätze aus den genannten Materialien auf.

Die Laufrolle besteht aus gesintertem Werkzeugstahl wie ASP23 oder aus einem legierten Nitrierstahl und die Kolbenfußscheibe aus Keramik wie Si_3N_4 -Keramik, aus Hartmetall wie G20, aus Cermet oder aus einem gegossen karbidischen Werkstoff wie SoGGH oder sie weist Einsätze aus den genannten Materialien auf. Der legierte Nitrierstahl kann C und/oder Cr und/oder V und/oder Mo enthalten, ist gasnitriert und im Kontaktbereich mit der Kolbenfußplatte verbindingsschichtfrei.

Eine weitere Maßnahme sieht vor, dass die Oberfläche der Kolbenfußplatte und/oder der Laufrolle eine Rauhtiefe R_z zwischen $0,15 \mu\text{m}$ und $2 \mu\text{m}$ aufweist. Genauer hat der keramische Werkstoff eine Rauhtiefe R_z zwischen $0,15 \mu\text{m}$ und $0,5 \mu\text{m}$, das Hartmetall eine Rauhtiefe R_z zwischen $0,3 \mu\text{m}$ und $1,0 \mu\text{m}$ und der gegossen karbidische Werkstoff eine Rauhtiefe R_z zwischen $0,5 \mu\text{m}$ und $2,0 \mu\text{m}$.

Besonders bevorzugt weist die Laufrolle auf ihrer Umfangsfläche wenigstens eine sich quer zur Bewegungsrichtung erstreckende Quernut auf. Zusätzlich kann auch die Kolbenfußplatte auf ihrer der Laufrolle zugewandten Fläche wenigstens zwei sich kreuzende Nuten aufweisen. In diesen jeweils als Stauspalt wirkenden Nuten kann sich Kraftstoff ansammeln, welcher aufgrund der Gleitbewegung zwischen der Umfangsfläche der Laufrolle und der Kolbenfußplatte die Ausbildung eines hydrodynamischen Gleitfilms fördert, wodurch der Verschleiß an den Gleitflächen weiter reduziert wird.

Nicht zuletzt besteht der Kolben vorzugsweise aus einer Si_3N_4 - oder einer ZrO_2 -Keramik, wird durch Strangpressen hergestellt und weist eine Porosität kleiner als 5% auf, wobei die Oberfläche mit MoS_2 infiltriert ist. Insbesondere wird der Kolben isostatisch stranggepresst und gesintert. Hieraus ergibt sich eine sehr glatte Oberfläche mit niedrigem Reibkoeffizienten, was sich ebenfalls günstig auf das Verschleißverhalten auswirkt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. In den Zeichnungen zeigt:

Fig.1 eine Querschnittsdarstellung einer Radialkolbenpumpe mit einer Kolbenfußplatte und einer Antriebswelle gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

Fig.2 eine vergrößerte Querschnittsdarstellung eines Kolbens und einer Kolbenfußplatte gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig.2a einen vergrößerten Ausschnitt von Fig.2;

Fig.2b einen weiteren vergrößerten Ausschnitt von Fig.2;

Fig.3 eine Ansicht von unten auf die Kolbenfußplatte von Fig.2;

Fig.4 eine Querschnittsdarstellung eines Kolbens mit Kolbenfußplatte und einer Antriebswelle gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig.5 eine Querschnittsdarstellung einer Antriebswelle gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig.6 eine Ansicht entlang der Linie VI-VI von Fig.5;

Fig.7 eine Ansicht entlang der Linie VII-VII von Fig.6.

Die in Fig.1 gezeigte Radialkolbenpumpe 1 dient bevorzugt zur Erzeugung des Systemdrucks für den Hochdruckspeicher (Rail) eines Common-Rail-Einspritzsystems einer selbstzündenden Brennkraftmaschine. Sie umfasst eine in einem Pumpengehäuse 2 gelagerte Antriebswelle 4 mit einem exzentrischen Wellenabschnitt 6, auf welchem eine polygonförmige, gegenüber dem Wellenabschnitt 6 drehbare Laufrolle 8 aufgenommen ist. Die polygonförmige Laufrolle 8 weist entlang ihrer Umfangsfläche 10 mit Umfangsabstand zueinander angeordnete, ebene Flachabschnitte 12 auf.

An den Flachabschnitten 12 der Laufrolle 8 stützt sich jeweils ein in einem Zylinder 14 zur Antriebswelle 4 radial geführter Kolben 16 mit seiner Kolbenfußplatte 18 ab. Die Kolbenfußplatte 18 ist vorzugsweise mittels eines sphärischen Lagers 20 mit dem zur Antriebswelle 4 weisenden Ende des Kolbens 16 schwenkbar verbunden. Das sphärische Lager 20 ist beispielsweise dadurch realisiert, dass das Kolbenende als Teilkugel 22 ausgebildet ist, welche in eine komplementär ausgebildete sphärische Ausnehmung 24 in der Kolbenfußplatte 18 eingreift. Darüber hinaus wird die Kolbenfußplatte 18 zusammen mit dem Kolben 16 durch eine Feder 26 gegen den zugeordneten Flachabschnitt 12 der Laufrolle 8 vorgespannt. Die Funktionsweise einer solchen Radialkolbenpumpe 1 ist beispielsweise in der DE 198 02 475 A1

beschrieben, deshalb soll hier nicht weiter darauf eingegangen werden.

Zumindest die die Umfangsfläche 10 der Laufrolle 8 kontaktierende Fläche 28 der Kolbenfußplatte 18 besteht aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem keramischen Werkstoff, aus einem gegossen karbidischen Werkstoff oder aus Cermet. Dies ist vorzugsweise dadurch realisiert, dass die Kolbenfußplatte 18 auf ihrer zur Laufrolle 8 weisenden Fläche 28 wenigstens einen beispielsweise scheibenförmigen Einsatz 30 aus dem verschleißfesten Material aufweist. Der Einsatz 30 kann mit der restlichen Kolbenfußplatte 18 form- und/oder stoffschlüssig verbunden sein, beispielsweise durch Kleben oder durch Löten. Der Einsatz 30 kann sich, wie in Fig.1 gezeigt ist, über die gesamte Kontaktfläche 28 der Kolbenfußplatte 18 mit der Laufrolle 8 oder auch nur über einen Teil von ihr erstrecken. Alternativ kann auch die gesamte Kolbenfußplatte 18 aus dem verschleißfesten Material hergestellt sein, so dass kein zusätzlicher Einsatz 30 nötig ist.

Bei Verwendung eines keramischen Werkstoffs für die Kolbenfußplatte 18 enthält dieser vorzugsweise Siliziumnitrit Si_3N_4 . Hartmetalle können beispielsweise aus G20, GC37 oder GC20 bestehen, während der gegossen karbidische Werkstoff ein Hartgussmaterial, insbesondere GGH oder SoGGH beinhalten kann.

Ferner kann der Kolben 16 selbst aus verschleißfestem Material gefertigt sein, beispielsweise aus einer Si_3N_4 - oder einer ZrO_2 -Keramik. Der Kolben 16 kann durch Strangpressen hergestellt sein und eine Porosität kleiner als 5% aufweisen, wobei die Oberfläche mit MoS_2 infiltriert ist. Alternativ kann der Kolben 16 auch isostatisch gepresst und gesintert sein.

Nicht zuletzt besteht auch zumindest ein Teil der Laufrolle 8, insbesondere die Flachabschnitte 12 aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem Feingussmaterial,

aus einem gegossen karbidischen Werkstoff, aus einem gesinterten Werkzeugstahl oder aus einem legierten Nitrierstahl.

Analog wie bei der Kolbenfußplatte 18 ist dies vorzugsweise dadurch realisiert, dass die Flachabschnitte 12 mit je einem Einsatz 32 aus dem verschleißfesten Material versehen sind, wie Fig.1 zeigt. Ein solcher Einsatz 32 ist jeweils in einer komplementär geformten Ausnehmung 34 in dem Flachabschnitt 12 form- und/oder stoffschlüssig aufgenommen, beispielsweise durch Kleben oder durch Löten. Alternativ kann die gesamte Laufrolle 8 aus dem verschleißfesten Material bestehen.

Bei Verwendung von Hartmetall für die Einsätze 32 bzw. für die Laufrolle 8 selbst kommt ein besonders verschleißfestes Hartmetall mit einer Vickers-Härte von mindestens HV 1100 und einer Risszähigkeit $K_{Ic} \geq 10 \text{ MPa/m}^{3/2}$ mit Bindergehalten von 12 bis 20 % in Frage, besonders bevorzugt G20, GC37 oder GC20. Hier werden insbesondere Hartmetalle eingesetzt, die geringe Adhäsionskoeffizienten aufweisen. Einen geeigneten Feingusswerkstoff bildet beispielsweise GX-210WCr13 H, für den gegossen karbidischen Werkstoff kommt lokal umgeschmolzenes, karbidisches SoGGH (Gradientenwerkstoff) in Frage. Bei dem gesinterten Werkzeugstahl eignet sich ASP23. Ein speziell durch Nitrieren oder Gasnitrieren mit Cr und/oder Mo und/oder V und/oder C legierter Nitrierstahl wird für eine Variante mit Gradientenwerkstoff eingesetzt. Die Basiselemente und die Prozessparameter beim Nitrieren führen zu einer tiefen Diffusion mit Härten von HV 750 bis 850 bei gleichzeitiger höherer Festigkeit des Basiswerkstoffs. Die sich dabei ausbildende Verbindungsschicht wird aus Funktionsgründen durch Schleifen entfernt. Die Oberflächen der Kolbenfußplatte 18 und der Laufrolle 8 weisen auf den Gleitflächen vorzugsweise eine Rauhtiefe R_z zwischen $0,15 \mu\text{m}$ und $2 \mu\text{m}$ auf, abhängig von den verwendeten Materialien. Dabei gilt die untere Grenze für Keramik, insbesondere ein Bereich von $0,15 \mu\text{m}$ bis $0,5 \mu\text{m}$, die

obere Grenze für Metalle wie SoGGH oder ASP23. Für Hartmetall ist eine Rauhtiefe R_z zwischen 0,3 μm und 1 μm vorgesehen.

In nachfolgenden Tabelle sind zu bevorzugende Material-Paarungen der Kolbenfußplatte 18 einerseits und der Laufrolle 8 andererseits aufgeführt. Falls sowohl in der Laufrolle 8 als auch in der Kolbenfußplatte 18 Einsätze verwendet werden, sind beliebige Kombinationen von Materialpaarungen bei jeweils unveränderten Trägerkörpern möglich. Insbesondere können bei den Paarungen in der Tabelle, in welchen die Laufrolle 8 vorzugsweise insgesamt aus dem verschleißfesten Material besteht („Vollmaterial“) alternativ auch Einsätze 32 aus dem entsprechenden Material im Bereich der Flachabschnitte 12 verwendet werden, wie es bereits in Fig.1 gezeigt ist. Die Laufrolle 8 als Trägerkörper für die Einsätze 32 kann dann aus einem anderen Material bestehen, beispielsweise aus 50Cr4, aus 42CrV4 oder aus 16MnCr5. Eine besondere Rolle kommt dem Ausführungsbeispiel in der 3.Zeile in der Tabelle zu. In diesem Fall wird im Bereich der Flachabschnitte 12 der aus einem Stahlgusswerkstoff bestehenden und in Fig.5 separat dargestellten Laufrolle 8 jeweils eine karbidische Zone ausgebildet. Diese karbidische Zone wird entweder durch eine gezielte Erstarrungsgeschwindigkeit beim Gießen der Laufrolle 8 oder durch Umschmelzen erzeugt und bildet dann vorzugsweise den Gradientenwerkstoff SoGGH aus. Ergebnis ist folglich eine Laufrolle 8, bei welcher im Bereich der Flachabschnitte 12 eine karbidische Zone 33 ausgebildet ist, während die restlichen Zonen und Bereiche der Laufrolle 8 aus Stahlguss mit unveränderten Eigenschaften bestehen.

Laufrolle	Kolbenfußscheibe
Einsätze aus Hartmetall, z.B. G20, GC37, GC20	Vollmaterial oder Einsätze aus a) Keramik, z.B. Si_3N_4 -Keramik b) Schalenhartguss, z.B. SoGGH c) Cermet
Vollmaterial aus Feingussmaterial, z.B. GX-210WCr13 H	Vollmaterial oder Einsätze aus a) Keramik, z.B. Si_3N_4 -Keramik b) Hartmetall, z.B. G20 c) Cermet
Vollmaterial aus gegossen karbidischem Werkstoff, z.B. Schalenhartguss SoGGH	Vollmaterial oder Einsätze aus a) Keramik, z.B. Si_3N_4 -Keramik b) Hartmetall, z.B. G20 c) Cermet
Vollmaterial - aus gesintertem Werkzeugstahl, z.B. ASP23, - aus C, Cr, Mo, V-legiertem Nitrierstahl	Vollmaterial oder Einsätze aus a) Keramik, z.B. Si_3N_4 -Keramik b) Hartmetall, z.B. G20 c) Cermet d) gegossen karbidischer Werkstoff, z.B. SoGGH

Tabelle: Bevorzugte Materialpaarungen

Im Bereich der Flachabschnitte 12 der Laufrolle 8 können jeweils eine oder mehrere Quernuten 36 ausgebildet sein, wie am besten anhand von Fig.6 zu sehen ist. Wie aus Fig.7 hervorgeht, ist die Quernut 36 im Zentrum einer einen Nutauslauf bildenden Senke 29 des Flachabschnitts 12 angeordnet. Die Senke 29 wird durch zwei in Bezug zum Flachabschnitt 12 winkelig angeordnete Ebenen gebildet, in deren Schnittlinie die Quernut 36 liegt. Der Senkenwinkel γ der Senke 29 ist beispielsweise kleiner als 15 Grad. Der Übergang von der Senke 29 und dem Flachabschnitt 12 ist mit einem Radius R_4 von vorzugsweise kleiner gleich 1 mm verrundet. Der Radius R_4 wird beispielsweise durch Gleitschleifen erzeugt. In dieser als Stauspalt wirkenden Quernut 36 bzw. Senke 29 kann sich Kraftstoff ansammeln, welcher aufgrund der Gleitgeschwindigkeit zwischen den

Flachabschnitten 12 der Laufrolle 8 und der Kolbenfußplatte 18 die Ausbildung eines hydrodynamischen Gleitfilms fördert, wodurch der Verschleiß an den Gleitflächen reduziert wird.

Bei den in den Fig.2 bis Fig.4 gezeigten Ausführungsformen sind die gegenüber dem Beispiel von Fig.1 gleichbleibenden und gleichwirkenden Teile durch die gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet. Im Unterschied zu diesem wird beim Beispiel gemäß Fig.2 die Kolbenfußplatte 18 von einem Plattenhalter 38 an dem zugehörigen Kolben 16 gehalten. Die Kolbenfußplatte 18 weist an ihrer dem Kolben 16 zugewandten Fläche eine kreisförmige Ausnehmung 40 auf, in welche das ballig geformte Ende 42 des Kolbens 16 eingreift und den Boden der Ausnehmung 40 kontaktiert. Der Plattenhalter 38 wird am Kolben 16 mittels eines in eine Nut 44 des Kolbens 16 eingreifenden Sprenglings 46 gekontert. In einer kreisförmigen Ausnehmung 48 in der Kolbenfußplatte 18 ist ein komplementär geformter Einsatz 30 aus einem der oben beschriebenen verschleißfesten Materialien gehalten, beispielsweise durch Stoffschluss, insbesondere durch Löten. Wie aus Fig.2a hervorgeht, ist der Einsatz 30 auf seiner zur Laufrolle 8 weisenden Fläche 31 randseitig mit einem winkelligen Auslauf 35 versehen, wobei der Auslaufwinkel α ca. 15 Grad beträgt. Weiterhin ist der Übergang zwischen dieser Fläche 31 und dem Auslauf 35 mit einem Radius R_2 von ca. 2 mm verrundet. Mittels eines Radius R_1 von kleiner gleich 1 mm ist auch der Übergang zwischen dem Auslauf 35 und der Randfläche 37 des Einsatzes 30 verrundet.

Analog zu den Flachabschnitten 12 der Laufrolle 8 weisen die Einsätze 30 der Kolbenfußplatte 18 vorzugsweise wenigstens zwei sich kreuzende Nuten 50 auf, wie am besten Fig.3 zeigt. Aufgrund der sich kreuzenden Anordnung der Nuten 50 ist die Wahrscheinlichkeit hoch dafür, dass im Hinblick auf die in Bezug zum Plattenhalter 38 drehbare Kolbenfußplatte 18 eine der Nuten 50 quer zur Bewegungsrichtung ausgerichtet ist, um die Ausbildung eines hydrodynamischen Schmierfilms zu fördern. Die Nuten 50 werden vorzugsweise durch Einpressen erzeugt. Dadurch

ergibt sich eine geringere Kerbwirkung verglichen mit spanabhebenden Verfahren, da die Werkstofffasern nicht durchtrennt werden. Wie aus Fig.2b hervorgeht, sind die Nuten 50 jeweils im Zentrum einer einen Nutauslauf bildenden Senke 39 der Fläche 31 angeordnet. Die Senke wird durch zwei in Bezug zur Fläche 31 winkelig angeordnete Ebenen gebildet, in deren Schnittlinie die jeweilige Nut 50 liegt. Der Senkenwinkel β der Senke 39 beträgt beispielsweise 5 Grad. Der Übergang von der Senke 39 und der Fläche 31 ist mit einem Radius R_3 von vorzugsweise kleiner gleich 1 mm verrundet.

Beim Ausführungsbeispiel von Fig.4 besteht die Kolbenfußplatte 18 vollständig aus einem der oben erwähnten, verschleißfesten Materialien und ist in das Durchgangsloch 52 einer Ringbüchse 54 eingesetzt, welche aus Stahl besteht. Die Verbindung zwischen der Ringbüchse 54 und der Kolbenfußplatte 18 ist vorzugsweise durch Löten hergestellt. Selbstverständlich sind darüber hinaus weitere Möglichkeiten denkbar, um verschleißfestes Material an den einander zugeordneten Gleitflächen 12, 28 der Laufrolle 8 und Kolbenfußplatte 18 anzubringen.

DaimlerChrysler AG

Patentansprüche

1. Radialkolbenpumpe (1) zur Kraftstoffhochdruckerzeugung bei Kraftstoffeinspritzsystemen von Brennkraftmaschinen, insbesondere bei einem Common-Rail-Einspritzsystem, mit einer in einem Pumpengehäuse (2) gelagerten Antriebswelle (4) mit einem exzentrischen Wellenabschnitt (6), auf welchem eine Laufrolle (8) gelagert ist, und mit vorzugsweise mehreren bezüglich der Antriebswelle (4) radial in einem jeweiligen Zylinder (14) angeordneten Kolben (16), an deren der Laufrolle (8) zugewandten Enden jeweils eine Kolbenfußplatte (18) angeordnet ist, welche die Umfangsfläche (10, 12) der Laufrolle (8) kontaktiert,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest die die Umfangsfläche (10, 12) der Laufrolle (8) kontaktierende Fläche (28, 31) der Kolbenfußplatte (18) aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem keramischen Werkstoff, aus einem gegossen karbidischen Werkstoff oder aus Cermet besteht, und/oder dass zumindest ein Teil der Laufrolle (8), insbesondere wenigstens ein Teil der Umfangsfläche (10, 12) der Laufrolle (8) aus einem verschleißfesten Material, nämlich aus Hartmetall, aus einem Feingussmaterial, aus einem gegossen karbidischen Werkstoff, aus einem gesinterten Werkzeugstahl oder aus einem legierten Nitrierstahl besteht, und/oder dass der Kolben (16) aus einem keramischen Werkstoff besteht.
2. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Laufrolle (8) auf ihrer Umfangsfläche (10, 12) und/oder die Kolbenfußplatte (18) auf ihrer der Laufrolle (8) zugewandten Fläche (31) wenigstens einen Einsatz (30, 32) aus dem jeweiligen verschleißfesten Material aufweist.

3. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Laufrolle (8) aus einem Vergütungsstahl besteht und
Einsätze (32) aus Hartmetall wie G20, GC37 oder GC20 aufweist
und dass die Kolbenfußscheibe (18) aus Keramik wie Si_3N_4 -
Keramik, aus Schalenhartguss wie SoGGH oder aus Cermet besteht
oder Einsätze (30) aus den genannten Materialien aufweist.
4. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Laufrolle (8) aus einem Feingussmaterial wie GX-210WCr13 H
besteht und dass die Kolbenfußscheibe (18) aus Keramik wie
 Si_3N_4 -Keramik, aus Hartmetall wie G20 oder aus Cermet besteht
oder Einsätze (30) aus den genannten Materialien aufweist.
5. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Laufrolle (8) aus einem gegossen karbidischen Werkstoff
wie Schalenhartguss SoGGH besteht und dass die Kolbenfußscheibe
(18) aus Keramik wie Si_3N_4 -Keramik, aus Hartmetall wie G20
oder aus Cermet besteht oder Einsätze (30) aus den genannten
Materialien aufweist.
6. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Laufrolle (8) aus gesintertem Werkzeugstahl wie ASP23 oder
aus einem legierten Nitrierstahl besteht und dass die
Kolbenfußscheibe (18) aus Keramik wie Si_3N_4 -Keramik, aus
Hartmetall wie G20, aus Cermet oder aus einem gegossen
karbidischen Werkstoff wie SoGGH besteht oder Einsätze (30) aus
den genannten Materialien aufweist.
7. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der legierte Nitrierstahl C und/oder Cr und/oder V und/oder Mo
enthält, gasnitriert und im Kontaktbereich mit der
Kolbenfußplatte (18) verbundungsschichtfrei ist.

8. Radialkolbenpumpe nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Laufrolle (8) an ihrer Umfangsfläche (10, 12) wenigstens eine sich quer zur Bewegungsrichtung erstreckende Quernut (36) aufweist.
9. Radialkolbenpumpe nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Kolbenfußplatte (18) auf ihrer der Laufrolle (8) zugewandten Fläche (31) wenigstens zwei sich kreuzende Nuten (50) aufweist.
10. Radialkolbenpumpe nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Oberfläche der Kolbenfußplatte (18) und/oder der Laufrolle (8) eine Rauhtiefe R_z zwischen 0,15 μm und 2 μm aufweist.
11. Radialkolbenpumpe nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kolben aus einer Si_3N_4 - oder einer ZrO_2 -Keramik besteht.
12. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kolben (16) durch Strangpressen hergestellt ist und eine Porosität kleiner als 5% aufweist, wobei die Oberfläche mit MoS_2 infiltriert ist.
13. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kolben (16) isostatisch stranggepresst und gesintert ist.

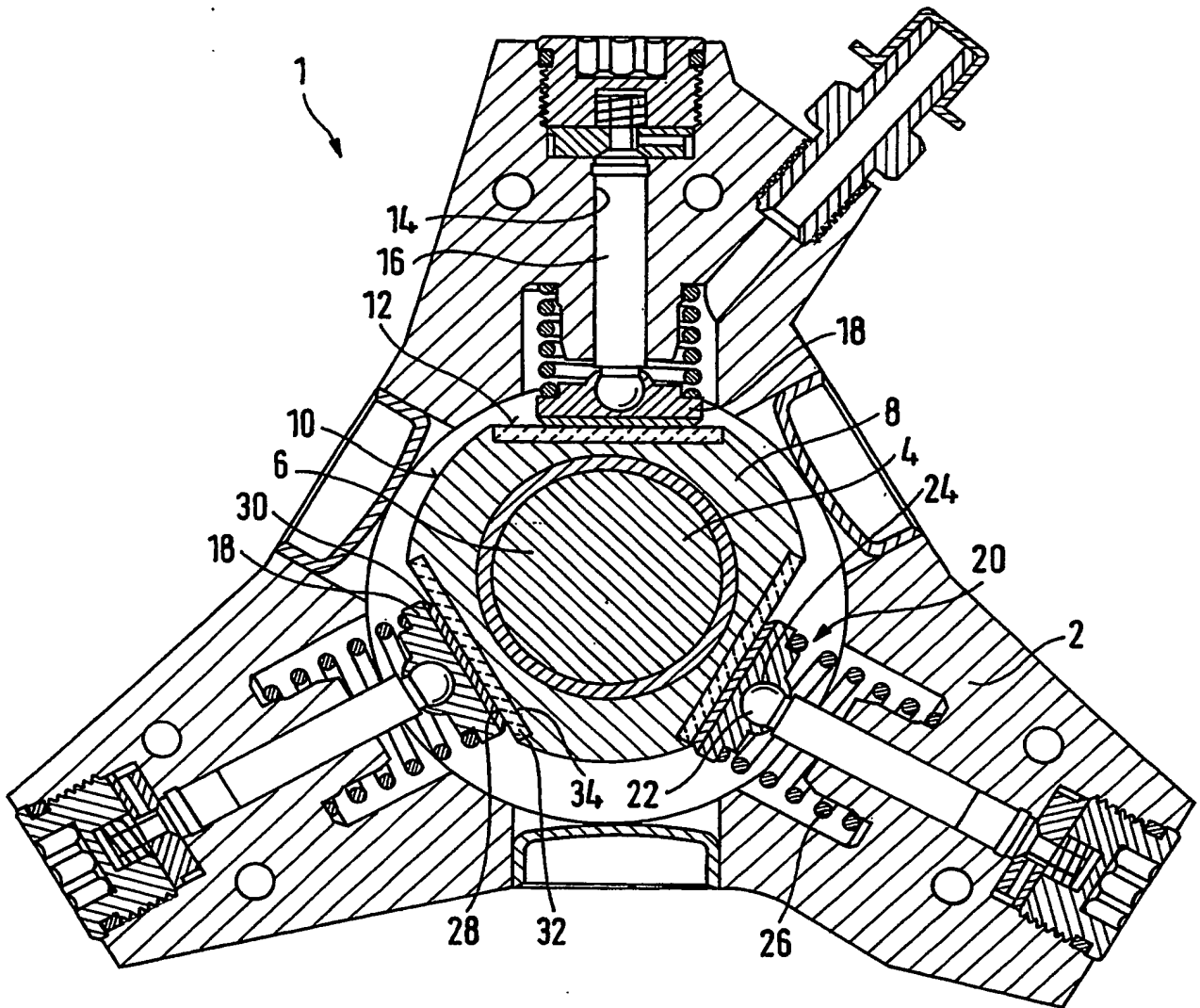
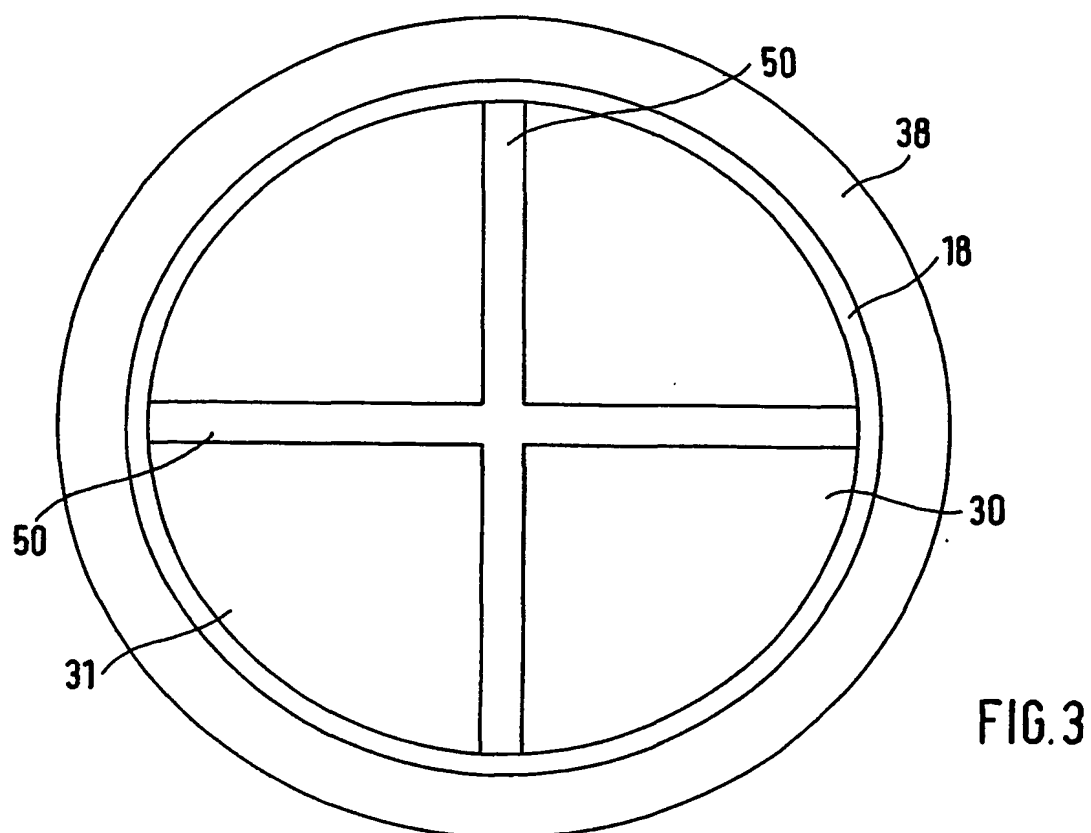
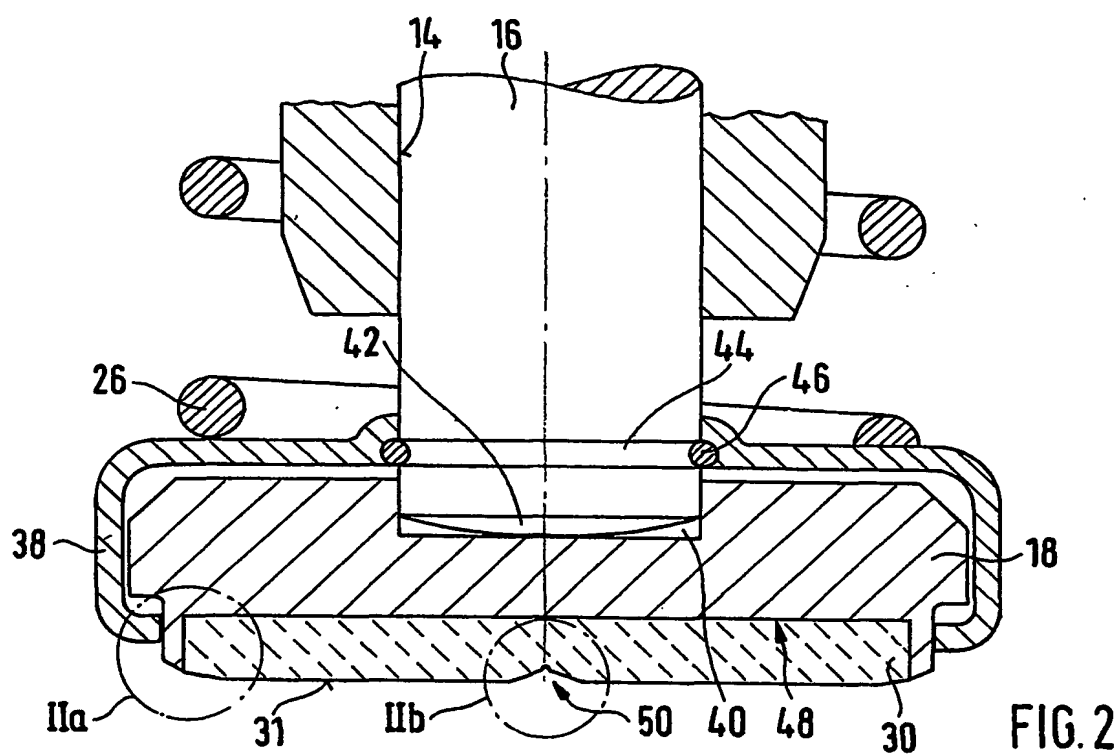
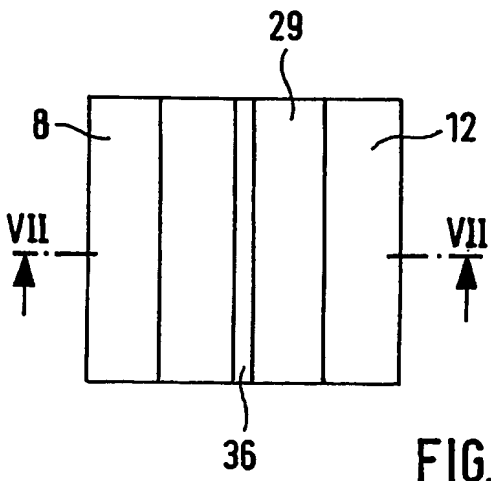
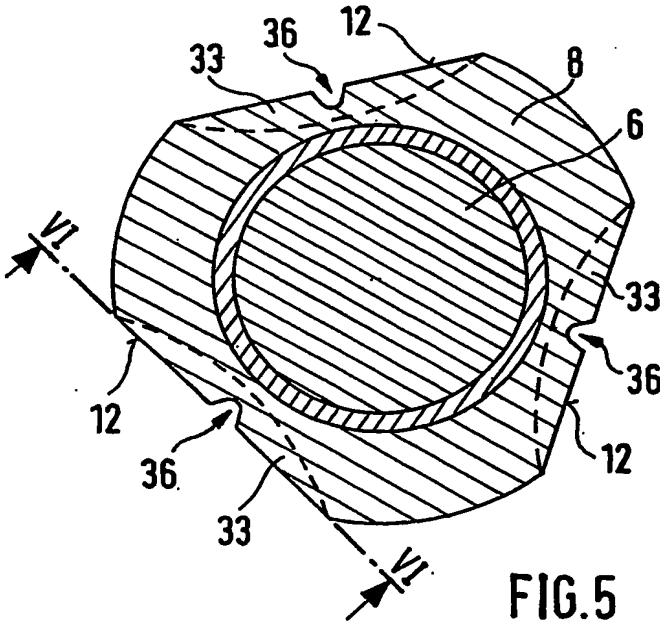
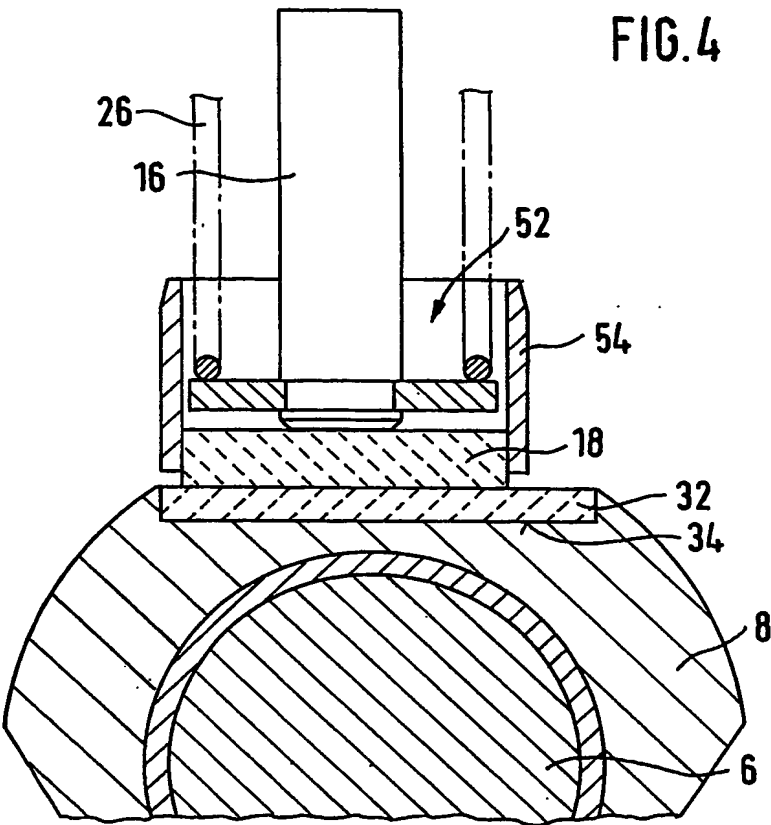


FIG.1





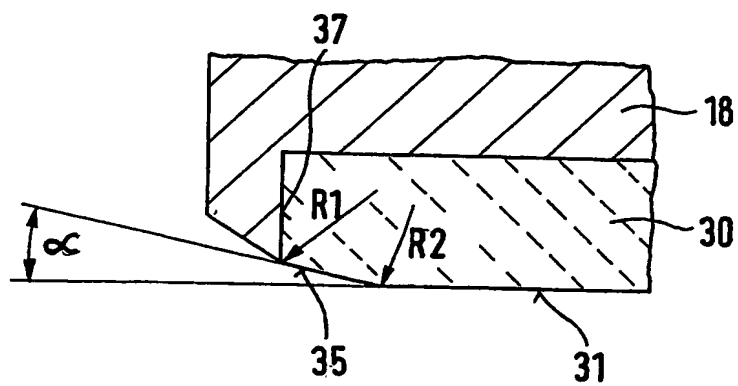


FIG. 2a

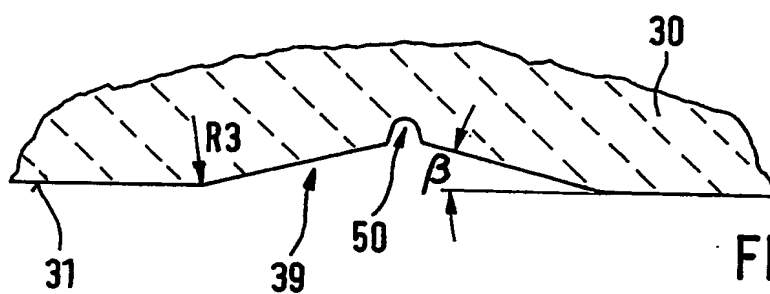


FIG. 2b

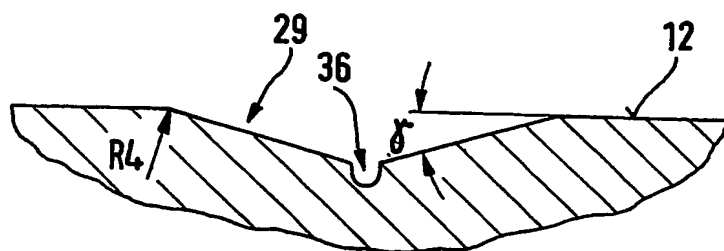


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/006207

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02M59/06 F02M59/44 F02M59/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	EP 1 310 577 A (HITACHI LTD) 14 May 2003 (2003-05-14) column 19, line 7 -column 19, line 15; figure 1	1 2-13
X	DE 199 05 462 A (CUMMINS ENGINE CO INC) 26 August 1999 (1999-08-26) column 3, line 25 -column 3, line 32; figure 2	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *Z* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 August 2004

Date of mailing of the international search report

30/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Etschmann, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/006207

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1310577	A	14-05-2003	JP 2003148294 A	21-05-2003
			EP 1310577 A1	14-05-2003
			US 2003089343 A1	15-05-2003
DE 19905462	A	26-08-1999	US 6149073 A	21-11-2000
			DE 19905462 A1	26-08-1999
			DE 29924317 U1	12-09-2002
			GB 2334077 A ,B	11-08-1999
			JP 11311164 A	09-11-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006207

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 F02M59/06 F02M59/44 F02M59/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 F02M

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	EP 1 310 577 A (HITACHI LTD) 14. Mai 2003 (2003-05-14) Spalte 19, Zeile 7 -Spalte 19, Zeile 15; Abbildung 1	1 2-13
X	DE 199 05 462 A (CUMMINS ENGINE CO INC) 26. August 1999 (1999-08-26) Spalte 3, Zeile 25 -Spalte 3, Zeile 32; Abbildung 2	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindeterischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindeterischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

23. August 2004

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

30/08/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Etschmann, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/006207

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1310577	A	14-05-2003	JP	2003148294 A	21-05-2003
			EP	1310577 A1	14-05-2003
			US	2003089343 A1	15-05-2003
DE 19905462	A	26-08-1999	US	6149073 A	21-11-2000
			DE	19905462 A1	26-08-1999
			DE	29924317 U1	12-09-2002
			GB	2334077 A , B	11-08-1999
			JP	11311164 A	09-11-1999